

**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
CÂMPUS PROFESSOR FRANCISCO GONÇALVES QUILES
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS CONTÁBEIS**

GILDEVAM SILVA DE JESUS

**ANÁLISE DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE UM
SISTEMA FOTOVOLTAICO COMO ALTERNATIVA DE GERAÇÃO
DE ENERGIA LIMPA NA REGIÃO CENTRO SUL DE RONDÔNIA**

**CACOAL/RO
2018**

GILDEVAM SILVA DE JESUS

**ANÁLISE DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA
FOTOVOLTAICO COMO ALTERNATIVA DE GERAÇÃO DE ENERGIA LIMPA
NA REGIÃO CENTRO SUL DE RONDÔNIA**

Artigo Científico apresentado à Fundação Universidade Federal de Rondônia – UNIR – Campus Prof. Francisco Gonçalves Quiles como requisito para obtenção do grau de bacharel em Ciências Contábeis.

Orientadora: Prof.^a Dra. Suzenir Aguiar da Silva Sato.

**CACOAL/RO
2018**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Fundação Universidade Federal de Rondônia
Gerada automaticamente mediante informações fornecidas pelo(a) autor(a)

J58a Jesus, Gildevam Silva.

Análise de viabilidade de implantação de um sistema fotovoltaico como alternativa de geração de energia limpa na região centro sul de Rondônia / Gildevam Silva Jesus. -- Cacoal, RO, 2018.

36 f. : il.

Orientador(a): Prof.^a Dra. Suzenir Aguiar da Silva Sato

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Contábeis) -
Fundação Universidade Federal de Rondônia

1.Energia fotovoltaica. 2.Investimento. 3.Viabilidade econômica. I. Sato, Suzenir Aguiar da Silva. II. Título.

CDU 621.383.51

**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
CÂMPUS PROFESSOR FRANCISCO GONÇALVES QUILES
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS CONTÁBEIS**

O Artigo Científico - TCC intitulado “Análise de Viabilidade de Implantação de um Sistema Fotovoltaico como Alternativa de Geração de Energia Limpa na Região Centro Sul de Rondônia”, elaborado pelo acadêmico Gildevam Silva de Jesus, foi avaliado pela banca examinadora em 22 de Junho de 2018, tendo sido _____.

Prof.^a Dra. Suzenir Aguiar da Silva Sato
Presidente

Prof.^a Ms. Ellen Cristina de Matos
Membro

Prof.^o Dr. Cleberson Eller Loose
Membro

**CACOAL/RO
2018**

ANÁLISE DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO COMO ALTERNATIVA DE GERAÇÃO DE ENERGIA LIMPA NA REGIÃO CENTRO SUL DE RONDÔNIA

Gildevam Silva de Jesus ¹

RESUMO: A energia fotovoltaica obtida por meio da irradiação solar, apesar de ainda ser pouco explorada no Brasil, possui um potencial de exploração que chega a 2,3 vezes maior que o consumo residencial do país. No estado de Rondônia mesmo com situações favoráveis, como a irradiação solar, ainda são poucos os sistemas instalados. A pesquisa teve por objetivo realizar um estudo sobre a viabilidade de implantação de um sistema fotovoltaico como fonte alternativa de geração de energia limpa, demonstrando as etapas para instalar esse sistema, identificando os custos e despesas desse investimento, bem como seu retorno. Trata-se de uma pesquisa quantitativa e qualitativa, realizada em um imóvel comercial localizado no município de Cacoal/RO, onde os dados foram obtidos no período de janeiro a março de 2018, por meio de documentos que foram fornecidos pela empresa responsável pela implantação, visitas *in loco* e roteiros de entrevistas semiestruturados aplicados ao engenheiro responsável técnico da empresa que instalou o sistema e ao proprietário do imóvel, além de dados obtidos junto a literaturas já publicadas sobre o assunto. Os resultados obtidos demonstram que o investimento apesar do elevado custo da instalação se torna viável, com um *payback* de 5 anos e um índice de lucratividade de 166% líquido em 25 anos, quando comparado com investimentos como a caderneta de poupança e a cafeicultura ele se torna mais vantajoso, pois, tem uma rentabilidade superior, já em relação à pecuária a rentabilidade do sistema fotovoltaico é inferior, conforme análise demonstrada pelo custo de oportunidade.

Palavras-chave: Energia Fotovoltaica. Investimento. Viabilidade Econômica.

1 INTRODUÇÃO

Com a necessidade de reduzir o consumo de energia produzida por meio de combustíveis fósseis e aumentar a diversificação de fontes de energia elétrica, vários países vêm buscando incentivar o uso de fontes limpas e que mantenham a eficiência energética, uma dessas fontes é a energia fotovoltaica, que por meio da radiação solar sobre placas fotovoltaicas é convertida diretamente em energia elétrica (SILVA, 2015).

O uso da energia fotovoltaica colabora para a diversificação da matriz elétrica, aumentando a segurança na disponibilidade de energia, ajuda também nas questões ambientais, como a diminuição da emissão de gases do efeito estufa, e sob o aspecto

¹ Acadêmico Concluinte do curso de ciências contábeis da Fundação Universidade Federal de Rondônia-Campus Prof. Francisco Gonçalves Quiles, com TCC elaborado sob a orientação da professora Dr^a Suzenir Aguiar da Silva Sato

socioeconômico a energia fotovoltaica contribui desde a geração de empregos locais até no aumento dos investimentos (NASCIMENTO, 2017).

De acordo com o Ministério de Minas e Energia – MME (2017) alguns países obtiveram grande desenvolvimento na geração fotovoltaica, dentre eles estão China, EUA, Japão, Alemanha e Itália que em 2016 corresponderam por 74% de toda a geração de energia solar no mundo, a grande expansão desses países se deve principalmente pelo fato de possuir uma matriz elétrica predominantemente de combustíveis fósseis, o que consequentemente fez com que houvesse políticas governamentais de incentivo ao uso de fontes renováveis, dentre elas a fotovoltaica.

No Brasil apesar de seu grande potencial para exploração da energia fotovoltaica, o país não apresentou a mesma relevância e desenvolvimento como nos países citados, haja vista que grande parte da matriz elétrica brasileira é composta principalmente por fontes renováveis, não havendo até então grandes incentivos para sua expansão. De acordo com Nascimento (2017) o seu potencial de geração fotovoltaica é 2,3 vezes maior que o consumo residencial do país, com índices de irradiação solar entre 1.500 - 2.500 Wh/m² superior a países como a Alemanha 900 – 1.250 Wh/m², Espanha 1.200 – 1.850 Wh/m² e França 900 – 1.650 Wh/m².

Esse panorama do Brasil em relação a outros países vem mudando nos últimos anos, ainda que discreta, principalmente após as resoluções normativas 482/2012 e 687/2015 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), no qual permite ao consumidor gerar sua própria energia consumida e ainda compensar a energia excedente que foi injetada na rede da distribuidora.

Apesar de situações favoráveis como grandes índices de irradiação solar, em Rondônia ainda são poucos os sistemas instalados, ocupando o 23º lugar dentre os estados brasileiros em termos de instalação de sistemas fotovoltaicos conectados à rede, segundo dados da ANEEL (2017) em todo o estado foram instalados até o ano de 2017 apenas 43 sistemas conectados à rede.

Diante do exposto é proposta a seguinte questão de pesquisa: é viável a instalação de um sistema de geração de energia solar fotovoltaico na região centro sul do estado de Rondônia como fonte alternativa de energia limpa?

Com o intuito de evidenciar à sociedade uma alternativa de produção de energia limpa, no qual pode reduzir a onerosidade causada no orçamento familiar e empresarial, tendo em vista os elevados custos da energia elétrica no estado de Rondônia, a presente pesquisa teve

por objetivo realizar um estudo sobre a viabilidade de implantação de um sistema fotovoltaico como fonte alternativa de geração de energia limpa, demonstrando as etapas para instalar esse sistema, identificando os custos e despesas desse investimento e o seu retorno.

Para tanto utilizou-se de pesquisa de abordagem quantitativa e qualitativa, para o alcance de seu objetivo adotou-se os procedimentos exploratórios em fase preliminar e descritiva ao descrever etapas para implantação, quanto à natureza a pesquisa se caracteriza como aplicada, e em relação aos procedimentos de coleta a pesquisa classifica-se como pesquisa documental e estudo de caso. Para complementar a pesquisa foi aplicado entrevista com o engenheiro da empresa que instalou o sistema e o proprietário do imóvel, ela ocorreu no período de janeiro a março de 2018.

Os resultados indicam que é viável a implantação de um sistema fotovoltaico na região centro sul de Rondônia, visto que, além de pagar o investimento feito obtém-se um retorno de 166% líquido sobre o mesmo em 25 anos, demonstrando assim uma boa opção principalmente para empresas que tem um alto custo com energia elétrica.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para subsidiar no alcance dos objetivos da pesquisa serão abordados os seguintes itens na fundamentação teórica: Fontes de energia, Energia elétrica em Rondônia, Sistema fotovoltaico e Viabilidade econômica.

2.1 FONTES DE ENERGIA

Com a escassez de recursos naturais aumentando a cada dia, a humanidade desenvolveu novas formas de produzir a energia elétrica explorando diversas fontes, no qual podem ser renováveis ou não; as fontes renováveis são vistas como inesgotáveis, haja vista que algumas apesar de se renovarem dependem de condições climáticas favoráveis para que isso ocorra, como é o caso da hidráulica; já as fontes não renováveis são as que têm vida útil limitada passível de se esgotar (BARRETO e PINHO, 2008).

A maior parte da energia elétrica consumida no mundo é de origem de combustíveis fósseis; conforme dados do Anuário Estatístico de Energia Elétrica (2017) os combustíveis fósseis em 2012 representaram 65,9 % de toda a geração de energia elétrica no mundo e a segunda maior fonte foi a hidrelétrica com 17,0 % (conforme figura 1).

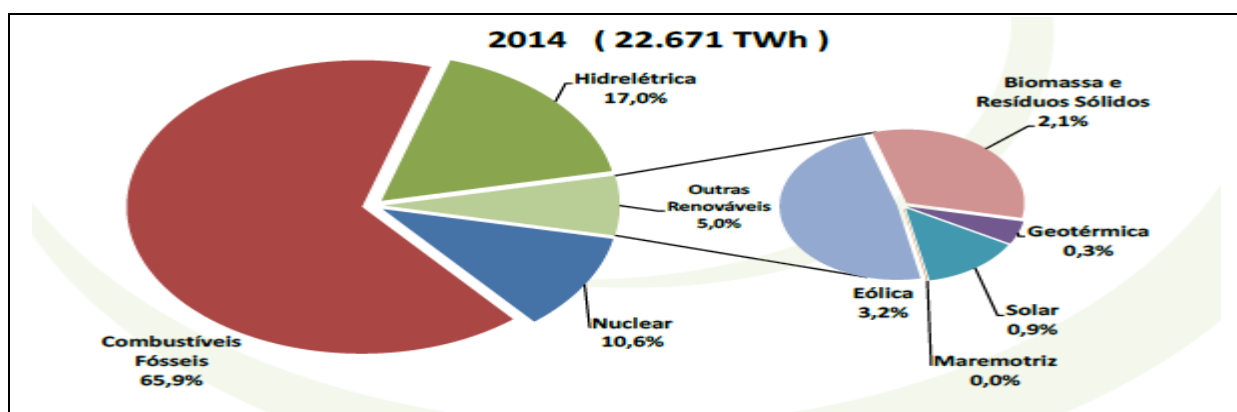


Figura 1: Geração de Energia Elétrica Mundial por Fonte em 2014

Fonte: Anuário Estatístico de Energia Elétrica (2017)

De acordo com Moraes (2015) as termelétricas geram energia por meio da queima de combustíveis fósseis como o gás natural, carvão, petróleo e seus derivados, essas usinas podem causar danos à flora e a fauna da região onde são instaladas. O autor destaca ainda que, a viabilidade técnica e econômica no transporte, grande disponibilidade dos recursos e a facilidade de transformar em energia se torna os principais motivos desse grande consumo.

Já na matriz elétrica do Brasil (figura 2), a principal fonte de geração de energia elétrica é a hidráulica, que apresentou uma expansão de 5,9% na comparação com o ano anterior respondendo por 68,1% da oferta interna, seguida pelo gás natural representando 9,1% (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2017).

No entanto mesmo com grande potencial de produção, que a torna viável, a energia hidráulica acarreta grandes impactos ambientais (MANO; PACHECO e BONELLI, 2010).

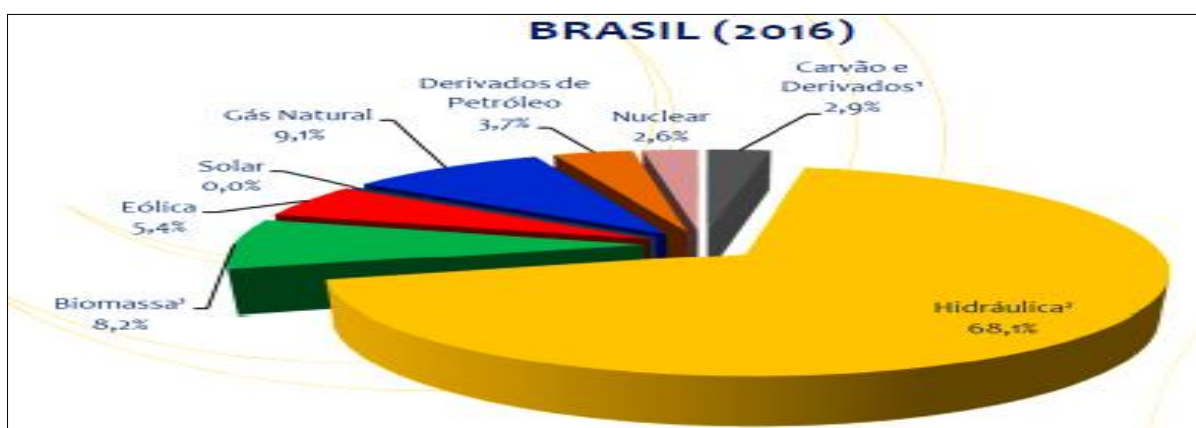


Figura 2: Matriz Elétrica Brasileira

Fonte: EPE (2017)

São fontes de energia renovável a hidráulica, eólica, biomassa e solar, segundo dados da Empresa de Pesquisa Energética (2017) as fontes renováveis em 2016 representaram

81,7% da oferta interna de eletricidade no Brasil, 6,2% a mais que no ano anterior, enquanto que mundialmente em 2014 as fontes renováveis corresponderam a apenas 21,2% de toda a oferta elétrica o que faz com que a maior parte da energia elétrica produzida no mundo seja de origem de combustíveis fósseis que é uma fonte não renovável, porém no Brasil (figura 3), a maior parte da eletricidade vem de fontes renováveis, principalmente pelas hidrelétricas.

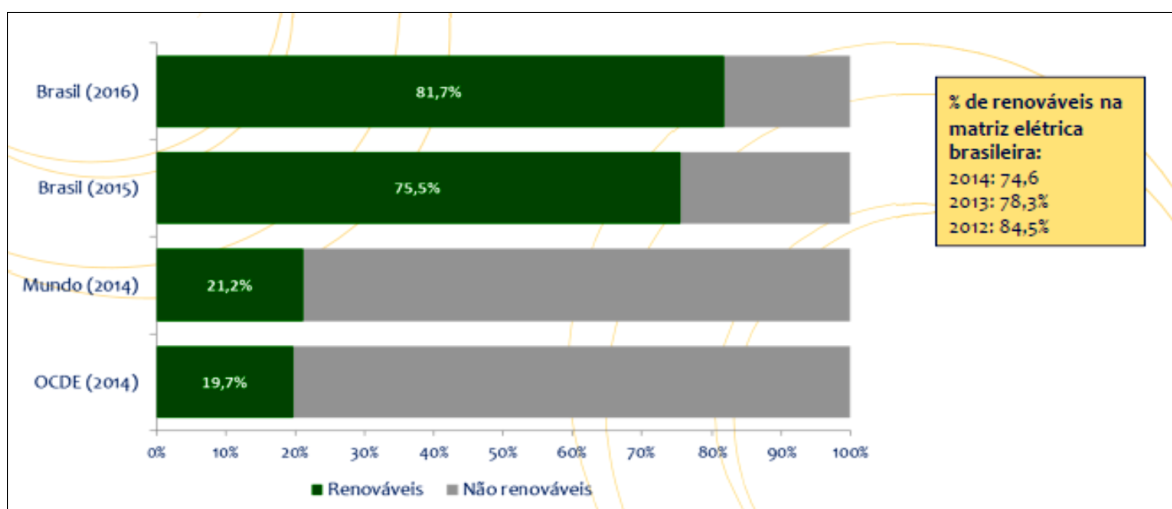


Figura 3: Participação de Renováveis na Matriz Elétrica
 Fonte: EPE (2017)

Conforme Moraes (2015) a exploração de outras fontes de energia renováveis como a eólica, solar e a biomassa deverá crescer, pois a hidrelétrica uma das principais fontes de geração de energia elétrica, e, em alguns países não há previsão de crescimento, visto que já está na sua capacidade de exploração máxima.

Já Teske et al. (2010) afirmam que com algumas fontes de energia elétrica cada vez mais escassa devido a mudanças climáticas e com a previsão que o consumo de energia quadruplique até 2050, não será opção deixar de investir em energia renovável, e sim necessário que se faça investimentos nessa área.

De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (2017) a produção de eletricidade a partir da fonte eólica em 2016 teve um aumento de 54,9% em relação ao ano de 2015, a biomassa 3,9 %, a geração de energia nuclear também teve um aumento de 7,7 % em 2016 representando 2,6 % da matriz elétrica do Brasil, o gás natural teve redução de 28,9 %, o carvão 9,8% e o que mais teve redução na geração foram os derivados do petróleo com 52,8 % (figura 4); isso mostra que as fontes de energia renováveis vem ganhando cada vez mais espaço no cenário nacional.

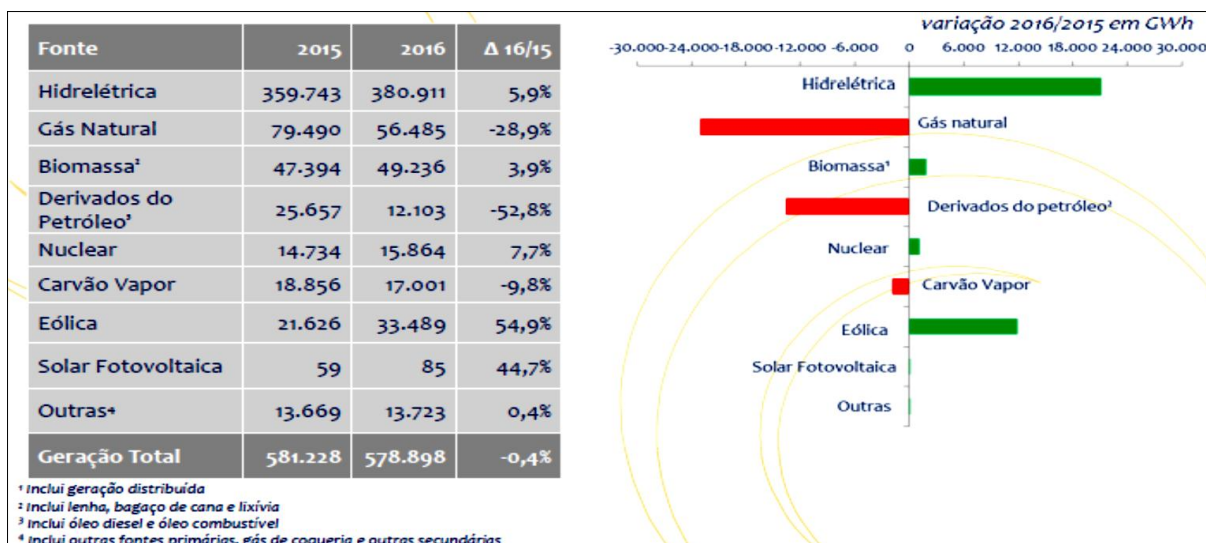


Figura 4: Geração Elétrica no Brasil (Gigawatt-hora)

Fonte: EPE (2017)

Já a energia fotovoltaica apresentou grande crescimento em 2016 com um aumento de 44,7% em relação ao ano de 2015; esse tipo de energia além de ser uma fonte inesgotável é uma alternativa necessária e promissora para o desenvolvimento da humanidade, haja vista que de uma forma indireta as demais fontes são todas derivadas do sol (PINHO e GALDINO, 2014).

Para Mano, Pacheco e Bonelli (2010) a energia solar se torna ideal para áreas isoladas, onde ainda não possui energia elétrica, principalmente no Brasil que apresenta índices de insolação favorável.

Com o crescimento populacional e tecnológico aumentou também a demanda por energia elétrica. Dados mostrados pelo Anuário Estatísticos de Energia Elétrica (2017; figura 5) confirmam essa crescente demanda de energia elétrica.

	2010	2011	2012	2013	2014	$\Delta\%(2014/2013)$	Part. % (2014)
Mundo	18.654,5	19.341,6	19.706,4	20.326,0	20.730,6	2,0	100
China	3.713,3	4.178,9	4.434,9	4.845,7	5.066,8	4,6	24,4
Estados Unidos	3.886,5	3.882,6	3.832,3	3.868,3	3.912,8	1,1	18,9
Índia	727,1	802,2	831,4	903,5	972,6	7,6	4,7
Japão	1.038,4	1.028,6	966,1	959,1	934,4	-2,6	4,5
Rússia	858,5	874,8	889,1	881,1	890,9	1,1	4,3
Alemanha	553,0	546,6	546,7	544,6	533,0	-2,1	2,6
Brasil	464,7	481,0	498,4	516,2	532,6	3,2	2,6
Canadá	501,8	519,4	514,3	530,9	528,1	-0,5	2,5
Coreia do Sul	450,2	472,7	482,9	487,8	495,0	1,5	2,4
França	474,0	443,6	454,7	455,1	431,0	-5,3	2,1
Outros	5.986,9	6.111,3	6.255,6	6.333,5	6.433,3	1,6	31,0

Figura 5: Consumo de Energia Elétrica no Mundo – os 10 maiores Países 2014 (Terawatt-hora)

Fonte: Anuário Estatístico de Energia Elétrica (2017)

Os dados evidenciados na figura 5 demonstram que em 2014 houve um aumento no consumo de 2% em relação ao ano anterior, os países que mais consumiram foram China e os Estados Unidos, o Brasil foi o 7º maior consumidor. De acordo com dados da Empresa de Pesquisa Energética EPE (2017) figura 6, no Brasil o consumo de energia elétrica em 2016 teve uma queda de 0,9% em relação ao ano anterior. Para Moraes (2015) a demanda de energia elétrica está relacionada com o crescimento da população, crescimento econômico e a quantidade de energia usada para produzir um PIB.

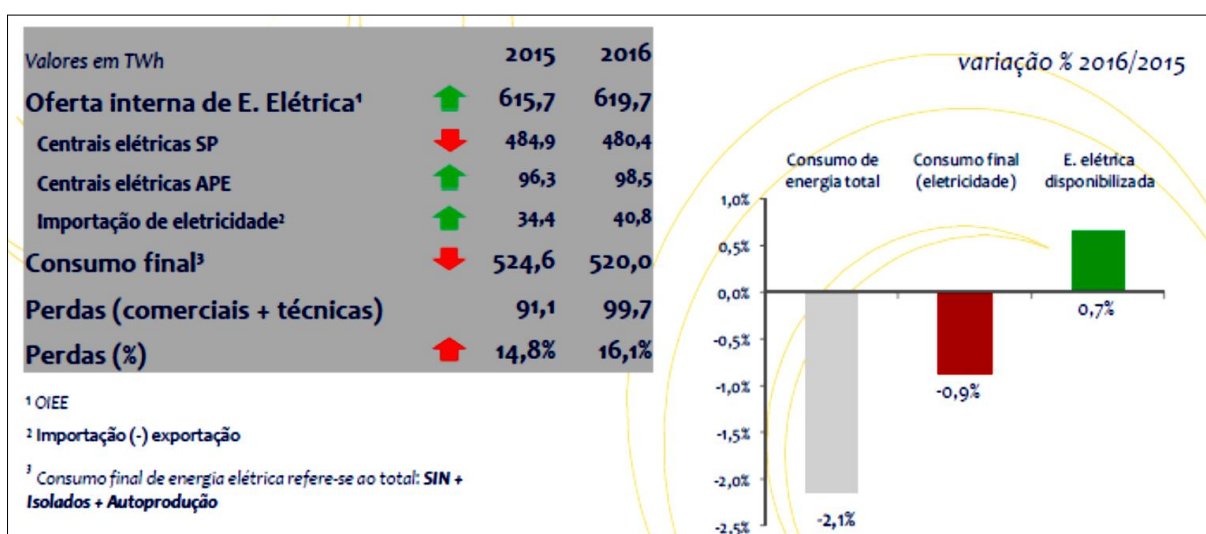


Figura 6: Consumo e Oferta de Energia elétrica no Brasil
Fonte: EPE (2017)

As perdas na geração de energia também aumentaram chegando a 16,1% da oferta interna, o que ressalta a importância da microgeração e minigeração distribuída que poderia diminuir essas perdas. Varela (2009) destaca que por estar próxima ao local de consumo da energia a geração distribuída evita perdas na transmissão e distribuição de energia elétrica.

2.1.1 Energia elétrica em Rondônia

O estado de Rondônia está localizado na região norte, na Amazônia Ocidental, e segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) possui 52 municípios, uma área territorial de 237.765,293 km² e uma população estimada em 2017 de aproximadamente 1.805.788 pessoas. Os dados também evidenciam que 99,4% dos domicílios rurais possuem acesso a iluminação elétrica e 0,6% ainda não possuem acesso.

Com relação à geração de energia elétrica o estado de Rondônia possui 70 usinas em operação gerando 8.344.810 KW de potência, no qual 90,1 % são usinas hidrelétricas e o

estado conta com apenas uma central geradora solar fotovoltaica que gera 20 KW de potência (ANEEL, 2017).

Conforme o Anuário Estatístico de Energia elétrica (2017) a geração de energia elétrica no estado de Rondônia em 2016 foi de 23.163 GWh atingindo aproximadamente 32 % do total da produção da região norte atrás apenas do Pará; já o consumo de energia elétrica foi de 2.935 GWh, evidenciando assim que Rondônia mais produz energia elétrica do que consome.

O número de unidades consumidoras teve um aumento de 3,4 % comparado ao ano anterior, totalizando 609.099 unidades onde a classe residencial foi responsável pela maior parte, tanto do consumo quanto em unidades consumidoras. O número de unidades consumidoras com geração distribuída até o mês de outubro de 2017 em Rondônia foi de aproximadamente 36 usinas dentre as quais apenas três não são fotovoltaicas, 21 são de classe residencial e 13 de classe comercial (ANEEL, 2017).

Com relação às tarifas cobradas para a geração de energia, a região norte possui uma das tarifas mais caras do Brasil apresentando um valor de R\$ 419,75/MWh (quatrocentos e dezenove reais e setenta e cinco centavos por megawatts hora), atrás apenas da região sudeste e em relação ao ano de 2012 houve um aumento de 130,7% até 2016 (ANUÁRIO ESTATÍSTICO DE ENERGIA ELÉTRICA, 2017), esse valor cobrado é somente para a geração, não estando incluso a transmissão nem a distribuição, assim como os impostos.

2.2 ENERGIAFOTOVOLTAICA

Conforme Ortiz (2005) a energia fotovoltaica é obtida através da conversão direta da luz solar em corrente elétrica por meio de módulos ou placas fabricadas com células fotovoltaicas. O efeito fotovoltaico, base de funcionamento das células fotovoltaicas, foi descoberto pelo físico francês Edmond Becquerel em 1839.

Inicialmente o principal alvo dessa tecnologia era empresas de telecomunicações para instalações em locais isolados onde não tinha acesso à energia elétrica, a exploração espacial também ajudou a impulsionar os sistemas fotovoltaicos, no fornecimento de energia para manter os equipamentos eletroeletrônicos por longos períodos no espaço (PINHO e GALDINO, 2014).

A crise mundial de energia de 1973/74, fez com que novas formas de energia fossem estudadas, inclusive a utilização de células fotovoltaicas, pois, até então seu uso se restringia a programas espaciais (CRESESB, 2006).

Nos EUA empresas passaram a incluir em suas áreas de negócio a produção de energia solar; no final da década de 1990 o Japão e a Alemanha impulsionados por políticas que tinham como objetivo a redução do CO₂ tiveram grande desenvolvimento; em 2009 a China já liderava na fabricação de módulos, com isso o mercado fotovoltaico teve um grande desenvolvimento, e em 2012 a produção de módulos fotovoltaicos pela China correspondeu a 64% da produção mundial (PINHO e GALDINO, 2014).

No Brasil apesar do desenvolvimento de módulos fotovoltaicos ter começado a partir da década de 1950, foi somente no final dos anos 90 que foram instalados os primeiros sistemas fotovoltaicos conectados à rede. Em 2012 com a resolução normativa 482/2012 publicada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) os sistemas fotovoltaicos conectados à rede passaram a ser regulamentados; essa resolução estabelece que o sistema de compensação de energia elétrica, ou seja, a energia gerada pelo consumidor que exceder o seu consumo pode ser enviado por conexão, à rede de distribuição podendo ser compensada posteriormente pelo consumidor (PINHO; GALDINO, 2014).

Apesar da regulamentação por meio da resolução 482/2012, no Brasil não houve grande interesse na implantação de painéis fotovoltaicos nas residências como em outros países, tais como, China que no ano 2.000 produzia apenas 2% de toda a energia solar do mundo e em 2016 passou para 19,9 %, e a Alemanha que no ano 2.000 gerava 5,5% saltando para 11,5 % em 2015 (MME 2017).

Os componentes básicos de um sistema fotovoltaico são os módulos fotovoltaicos, inversor, controlador de carga e baterias, no entanto em alguns casos não são necessários todos. Para Varella (2009) os módulos são compostos por células fotovoltaicas e a conversão da radiação solar em energia elétrica é obtida utilizando-se material semicondutor como elemento transformador, conhecido como célula solar ou célula fotovoltaica. Para fabricação das células fotovoltaicas o material mais usado é o silício podendo ser constituído de cristais monocristalinos, policristalinos ou de silício amorfo (CRESESB, 2006).

De acordo com o CRESESB (2006) os sistemas fotovoltaicos podem ser classificados em três categorias:

1- Isolado: utilizados principalmente em locais onde não possuem rede de energia elétrica, em geral na maior parte deles são utilizadas baterias para armazenamento da energia

gerada durante o dia para o consumo à noite, com exceção de alguns que são utilizados para sistemas de irrigação que não necessitam de armazenamento, haja vista, que toda a água bombeada é consumida ou estocada em reservatório.

Quando da utilização de baterias para armazenamento se faz necessário o uso de um controlador de carga para que não haja danos na bateria com sobre cargas ou descargas profundas. Para utilização de eletrodomésticos convencionais é necessário um conversor, onde o mesmo vai transformar a corrente contínua em corrente alternada.

2 – Híbridos: em um mesmo sistema é utilizado várias fontes de energia como, por exemplo, a utilização do sistema fotovoltaico, eólico e diesel, em um só sistema, normalmente é instalado para atender maior número de usuários, é necessário um controle de todas as fontes para garantir a máxima eficiência, como o sistema isolado no híbrido também é necessário um conversor para converter a corrente contínua em alternada.

3 – Conectados à Rede: não utilizam baterias para armazenamento, pois, toda a energia gerada que não for consumida é entregue na rede de distribuição, e quando diminuir a geração pelo sistema o consumidor automaticamente utiliza a energia da rede de distribuição, nesse sistema também é utilizado inversores, porém, os mesmos devem satisfazer as exigências de qualidade e segurança para que a rede não seja afetada.

A situação energética na Amazônia tem como principal foco comunidades e residências isoladas no qual em sua grande maioria não têm acesso à rede convencional de energia elétrica, os sistemas fotovoltaicos são adotados por essas comunidades e residências a fim de fornecer iluminação elétrica e no abastecimento de água potável (MIKI, 2015).

Na região norte o primeiro sistema fotovoltaico híbrido implantado foi na Vila Campinas município de Manacapuru no estado do Amazonas em 1996, no qual era composto pelo sistema fotovoltaico e diesel, em Rondônia o primeiro a ser implantado foi em 2001 no distrito de Araras município de Nova Mamoré, composto por sistema fotovoltaico e diesel, a instalação desses sistemas teve como objetivos reduzir o consumo de óleo diesel e proporcionar benefícios socioeconômicos aos moradores da região (BARRETO e PINHO, 2008).

2.3 VIABILIDADE ECONÔMICA

A viabilidade econômica ajuda a formular projeções abrangentes e reais sobre receitas e despesas de um investimento, no qual mostra a capacidade de retorno desse investimento,

servindo de indicador mais evidente da atratividade do negócio, permitindo a sua visualização no futuro diminuindo os riscos do mesmo (HOPPER, 2009).

Em um projeto é essencial que se conheça todos os custos incorridos quando da sua execução. Martins (2010) define custos como o gasto para produzir um bem ou serviço, porém só é reconhecido como custo a partir da sua utilização para produção do bem ou serviço, como por exemplo, a energia elétrica que no momento de sua aquisição é um gasto e a partir do seu consumo para produção de um bem ou produto se torna um custo. De acordo com Martins (2010) os custos são classificados em:

Custos diretos: são aqueles que são identificados diretamente para a produção de determinado produto, na geração de energia fotovoltaica a mão de obra para a instalação do sistema seria um exemplo de custo direto.

Custos indiretos: são aqueles que não são possíveis sua identificação com um só produto, pois é derivado da produção de vários produtos, eles são alocados através de rateio ou por estimativas, exemplo aluguel, energia elétrica se não for possível medir o consumo de cada equipamento.

Custos fixos: são aqueles que mantém um mesmo valor independentemente da quantidade produzida, um exemplo seria a depreciação de equipamentos.

Custos variáveis: são os custos que alteram conforme a quantidade produzida, ou utilizada, os módulos fotovoltaicos seria um exemplo de custos variáveis, pois quanto mais módulos mais energia será produzida consequentemente o custo também será maior.

Nesse sentido, Nascimento (2001) ratifica que para definir um projeto é primordial que se faça um estudo sobre a viabilidade econômica do mesmo, englobando receita, custo, lucratividade e retorno desse investimento; uma das melhores maneiras de se avaliar o grau de sucesso de um empreendimento é calcular o retorno sobre o investimento realizado (MARTINS, 2010).

Ainda de acordo com Nascimento (2001) para medir o custo benefício e o retorno de um investimento é preciso estar atento em: garantia de mercado, retorno do investimento, custos compatíveis com o investimento, estudo dos custos operacionais, preço dos concorrentes, estratégia de marketing e quais as fontes de financiamentos se é própria ou de terceiros se tem juros e quais os custos desses juros.

Para fazer análise de viabilidade de um projeto podem ser utilizados diversos métodos, como por exemplo, o *payback*, valor presente líquido (VPL) e taxa interna de retorno (TIR), dentre outros.

Para Braga (2015) o *payback* é o tempo necessário para que se obtenha todo o capital que foi alocado no investimento, Hopper (2009) afirma que por meio de uma projeção dos saldos do caixa é possível encontrar o *payback* de um investimento e que quanto maior o tempo para obter o retorno maior será o risco do mesmo. Podendo ser obtido com a seguinte fórmula:

$$Payback = \frac{Investimento}{ganho\ do\ período} \quad \dots (01)$$

O VPL leva em consideração o valor do dinheiro no tempo, são calculados todos os fluxos de caixa futuros para saber os seus valores no presente. Para Assaf Neto (2007) o VPL é obtido pela diferença entre o valor presente dos benefícios previstos de caixa e o valor presente dos fluxos de caixa inicial. Sendo o mesmo calculado com a seguinte fórmula:

$$VPL = \sum_{t=1}^N \frac{Ft}{(1+i)^t} - FC_0 \quad \dots (02)$$

Onde:

FC_t = valor das entradas ou saídas de caixa previsto

FC_0 = fluxo de caixa no momento zero

t = período da análise

A taxa interna de retorno é calculada para saber quanto representa em porcentagem o retorno obtido sobre o capital investido, Martins (2010) afirma que a forma ideal de encontrar esse retorno é confrontando o lucro obtido antes do imposto de renda e das despesas financeiras pelo valor que foi investido para que se conseguisse produzir esse produto ou bem. Segundo Assaf Neto (2007) a TIR é a taxa de juros que iguala em determinado momento o valor presente das entradas com o das saídas previstas de caixa. Calculado com a seguinte fórmula:

$$TIR = VPL = 0 = Investimento\ Inicial + \sum_{t=1}^N \frac{Ft}{(1+TIR)^t} \quad \dots (03)$$

Onde:

TIR = Taxa interna de retorno

VPL = Valor presente líquido

F_t = Fluxo de caixa

t = O período da análise

Além dos métodos citados existe também o índice de lucratividade (IL) ou custo benefício, no qual objetiva medir a relação entre o valor presente dos fluxos de entrada de

caixa e os de saída de caixa, ou seja, quanto de retorno o projeto produziu para cada R\$1,00 investido, outro importante método é a taxa de rentabilidade (TR) que consiste na relação entre o VPL e o valor presente dos desembolsos, ou seja, indica a porcentagem de lucro obtida em relação ao capital investido (ASSAF NETO, 2007). Onde os mesmos de acordo com Assaf Neto (2007) podem ser calculados através das seguintes fórmulas:

$$IL = \frac{VP}{Investimento} \quad \dots (04)$$

Onde:

IL- índice de lucratividade

PV- valor presente das entradas

$$TR = \frac{VPL}{Investimento} \quad \dots (05)$$

Onde:

TR- taxa de rentabilidade

VPL- valor presente líquido

Para o cálculo da viabilidade através dos indicadores econômicos citados serão coletados dados sobre o consumo mensal de energia elétrica do local da pesquisa bem como os custos desse investimento e de manutenção do sistema, permitindo avaliar o projeto sobre várias formas desde o tempo para recuperação do que foi investido até um possível lucro ou prejuízo. O projeto de geração de energia solar fotovoltaica do ponto de vista econômico pode ser considerado viável quando o valor total do que foi investido for inferior ao que for economizado pelo consumidor somado mensalmente ao longo da vida útil do sistema fotovoltaico.

3 METODOLOGIA

Quanto aos objetivos trata se de uma pesquisa exploratória-descritiva, pois, na primeira fase foi realizado o levantamento bibliográfico acerca do assunto para ampliar o conhecimento e informações teóricas sobre o mesmo, já na segunda fase da pesquisa buscou descrever as etapas para implantação de um sistema de geração de energia solar fotovoltaica.

A pesquisa possui natureza aplicada, com abordagem quantitativa e qualitativa, com relação aos procedimentos de coleta, a pesquisa foi documental e estudo de caso, para tanto, esta pesquisa fez uso de documentos cedidos pela empresa responsável pela implantação do sistema fotovoltaico, no qual esses documentos subsidiaram a pesquisa no tocante a análise da

viabilidade ou não da implantação desse tipo de sistema de energia, ou seja, contribuiu para o alcance de parte dos objetivos propostos, também foi realizado deslocamento até o local de implantação do sistema fotovoltaico para observação de todo o funcionamento do mesmo.

A presente pesquisa foi executada a partir de um imóvel comercial localizado no município de Cacoal/RO, o local foi escolhido devido a disponibilidade de dados e por ser um dos primeiros do setor comercial a implantar esse sistema no município.

Para a coleta dos dados, além de documentos que foram fornecidos pela empresa responsável pela implantação, foi utilizado também roteiros de entrevistas semiestruturados aplicados no mês de março de 2018 ao engenheiro responsável técnico da empresa que instalou o sistema e ao proprietário do imóvel a fim de verificar as mudanças positivas ou negativas a partir da instalação do sistema.

Também foi feita visita no local da instalação do sistema a fim de verificar todo o funcionamento do sistema. Para realizar a análise dos dados foram utilizados os indicadores constantes na figura 7.

INDICADORES	COLETA	AUTORES
Custo Total	$CT = C_f + C_v$	Nascimento (2001); Martins (2010); Braga (2015); Hopper (2009); Assaf Neto (2007)
Payback	$Payback = \frac{Investimento}{ganhado\ período}$	
Valor Presente Líquido	$VPL = \sum_{T=1}^N \frac{Ft}{(1+i)^t} FCO$	
Taxa Interna de Retorno	$Investimento\ Inicial + \sum_{T=1}^N \frac{Ft}{(1+TIR)^t} = 0$	
Índice de Lucratividade	$IL = \frac{VPL}{Investimento}$	
Taxa de Rentabilidade	$TR = \frac{VPL}{Investimento}$	

Figura 7: Indicadores de viabilidade econômica

Fonte: Elaboração do autor (2017)

Após a coleta os dados foram agrupados de acordo com o seu grau de similaridade, e em seguida foi feita a análise desses dados por meio de ferramentas eletrônicas, tais como, *Word* e *Excel*, utilizando os indicadores demonstrados na figura 7. Os resultados foram apresentados por meio de tabelas e figuras com o objetivo de demonstrar a viabilidade ou não de um sistema de geração de energia solar fotovoltaico como fonte alternativa de geração de energia limpa na região centro sul de Rondônia, para maior segurança quanto a esse tipo de investimento na presente pesquisa também se apresenta o custo de oportunidade.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO

Nesta seção serão demonstrados os dados coletados bem como a análise e os resultados obtidos na pesquisa e está dividida da seguinte forma: Projeto de implantação de um sistema fotovoltaico, o projeto de implantação de sistema fotovoltaico, instalação do sistema fotovoltaico, dimensionamento do sistema, custos de instalação e manutenção do sistema e análise da viabilidade econômica.

4.1 PROJETO DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO

A pesquisa foi realizada em um imóvel comercial que atua no ramo de confecções e calçados a 25 anos, localizado na avenida Porto Velho, centro do município de Cacoal/RO (fig. 8), onde segundo dados do IBGE (2018) o município possui uma população estimada em 2017 de aproximadamente 88.507 habitantes.



Figura 8: Local que foi instalado o Sistema Fotovoltaico

Fonte: Pesquisa (2018)

O imóvel onde foi instalado o sistema no momento da aplicação da pesquisa encontrava-se em reforma e a maior parte da energia gerada pelo sistema ora implantado estava sendo compensada na loja do município de Rolim de Moura, que apesar de ser em outro município ambas unidades são registradas pelo mesmo CNPJ, caracterizando assim como autoconsumo remoto, que de acordo com a resolução normativa 482/2012 da ANEEL

se a unidade geradora e consumidora de energia for de mesma titularidade de pessoa física ou jurídica de outra unidade mesmo em local diferente mas da mesma área de concessão ou permissão, esta poderá compensar a energia excedente gerada pela outra.

A unidade consumidora onde foi feito a pesquisa se caracteriza como consumo de classe comercial optante pelo grupo (B3), o tipo de sistema usado é o trifásico, o sistema fotovoltaico que foi instalado é o conectado à rede da distribuidora de energia elétrica, conhecido como *On Grid* e a potência desse sistema é de 65 KWp (Quilowatt-pico), com um total de 200 módulos fotovoltaicos de 325 W (watts) cada, 2 inversores de 27 KW (Quilowatt) cada um, ocupando uma área de 460 m².

4.1.1 O Projeto de implantação de sistema fotovoltaico

Para a instalação de um sistema fotovoltaico conectado à rede é preciso alguns procedimentos por parte do interessado, que vão desde a elaboração do projeto até a liberação da distribuidora de energia elétrica local para o sistema entrar em operação.

Em primeiro lugar é necessário elaborar o projeto do sistema, pois, ele é um dos requisitos do pedido de acesso à rede, dentro das normas exigidas pela ANEEL, esse projeto pode ser elaborado por um engenheiro eletricista ou uma empresa especializada.

A elaboração do projeto envolve diversos fatores, conforme demonstrado na figura 9.

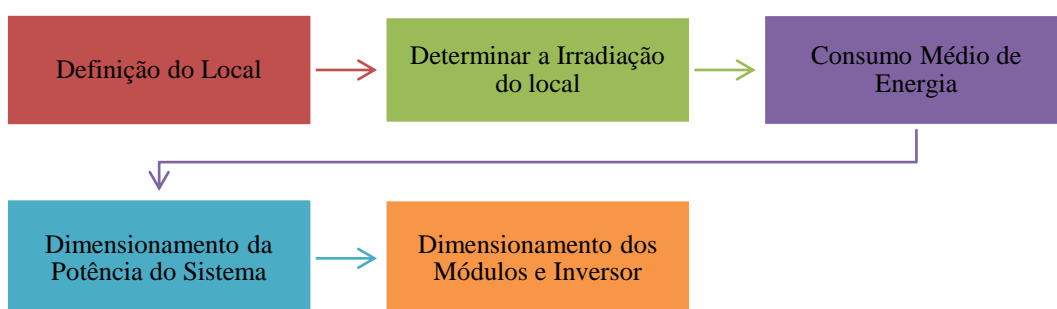


Figura 9: Etapas para Elaboração do Projeto
 Fonte: O Autor com base em (PINHO; GALDINO 2014)

O primeiro passo é definir o local da instalação do sistema, pois a partir dessa definição é possível saber o tamanho da área disponível, a quantidade de irradiação diária do local e também questões sobre sombreamento, se existem árvores ou construções próximas que possam influenciar na geração dos módulos.

Após identificar o lugar de instalação é preciso saber a irradiação incidente sobre o local escolhido, existem *sites*/loais que disponibilizam programas que geram essas informações, como por exemplo, o Global Solar Atlas e o Cresesb. No município de Cacoal,

local onde foi instalado o sistema pesquisado, a irradiação média é de 5,18 KWh/m² (Quilowatts-hora por metro quadrado) por dia, essa irradiação pode variar dependendo da localização, de acordo com a ABINEE (2012) a média de irradiação solar no Brasil fica entre 4,8 KWh/m² a 6 KWh/m² por dia.

Também se faz necessário fazer o levantamento do consumo de energia da unidade consumidora, onde é baseado nos últimos 12 meses anteriores para chegar a média mensal, com a média de consumo mensal e a irradiação diária do local, será possível a identificação da potência a ser instalada, obtida por meio da divisão do consumo médio pela irradiação média diária.

Para o local pesquisado foi preestabelecido uma média de consumo de 8.100 KWh/mês descontado o custo de disponibilidade de 100 KWh/mês cobrado pela distribuidora ficou 8.000 KWh/mês. De acordo o Cresesb (2006) a eficiência das células fotovoltaicas tende a diminuir com o aumento da temperatura, devido a essa diminuição provocada pelo calor foi considerado 20 % de perdas para o dimensionamento das placas, resultando em uma potência de 65 KWp.

Após cálculo da potência do sistema é feito o dimensionamento das placas fotovoltaicas e do inversor para saber a quantidade necessária de cada um, no entanto essa quantidade pode variar em função da potência deles.

Para uma potência de 65 KWp, foram necessários 200 módulos policristalinos Canadian de 325 W cada um, no entanto essa quantidade pode variar de acordo a potência deles, 2 inversores Fronius Eco de 27 KWp cada, também foi necessário 400 metros de cabo 6mm preto e 400 metros vermelho, 20 pares de conectores, 50 peças de estrutura de fixação das placas e um autotransformador trifásico 380V/220V, vale ressaltar que nem todo caso é necessário o uso do autotransformador, nesse caso específico foi utilizado devido a rede do prédio ser conectada a uma rede trifásica de alta tensão, também foi colocado um quadro de força, já o relógio bidirecional responsável por medir a entrada de energia e saída, fica por conta da distribuidora tanto a instalação quanto o custo (figura 10).



Figura 10: Equipamentos usados na Instalação do sistema Fotovoltaico

Fonte: Pesquisa (2018)

Após a elaboração do projeto o proprietário do sistema fotovoltaico que está sendo instalado, envia para a distribuidora o projeto juntamente com o pedido de acesso à rede; vale ressaltar que ele mesmo pode fazer o pedido de acesso junto a distribuidora, no entanto existe documentos no projeto que necessita de assinatura de um engenheiro eletricista.

4.1.2 Instalação do Sistema Fotovoltaico

Para fazer a instalação de um sistema fotovoltaico conectado à rede é necessário além da elaboração do projeto o pedido de acesso a distribuidora, ela terá um prazo de 15 dias para dar o parecer de acesso caso a central geradora for classificada como microgeração distribuída, ou seja, tiver potência de no máximo 75 KWp.

A instalação do sistema fotovoltaico ocorre após o parecer de acesso da distribuidora, a compra dos equipamentos necessários pode ser feita pelo próprio cliente ou pela empresa que irá instalar, para o sistema pesquisado foi a própria empresa responsável pela instalação que fez o pedido de todos os equipamentos, no qual os mesmos foram adquiridos de uma empresa de São Paulo, com isso acarreta um custo a mais para o cliente com o frete que é cobrado.

Na figura 11 é mostrado o momento que é colocado as estruturas para fixar as placas fotovoltaicas logo em seguida a instalação das mesmas (figura 12).



Figura 11: Instalação das Estruturas de fixação das Placas
Fonte: Pesquisa (2018)

Depois de instalado conforme as normas e padrões exigidos é solicitado a vistoria, a distribuidora terá prazo de 7 dias para realizar a vistoria, não constatando irregularidades terá o prazo de mais 7 dias para aprovar o ponto de conexão.

Depois de aprovado o ponto de conexão é necessário a troca do relógio de medição, para um relógio bidirecional que irá medir tanto a entrada de energia quanto a saída, essa troca do relógio é feita pela distribuidora não incorrendo em custos ao consumidor caso o seu sistema seja com potência até 75 KWp, após essa troca de relógio o sistema já é conectado à rede de distribuição e pode começar a operar.



Figura 12: Placas Fotovoltaicas Instaladas
Fonte: Pesquisa (2018)

De acordo com o engenheiro eletricista da empresa que instalou o sistema pesquisado, em média varia em torno de 40 dias desde o pedido de acesso até o funcionamento do sistema.

A partir do momento que o sistema começa a operar o proprietário pode monitorar o desempenho em tempo real e saber quanto está gerando de energia e quanto de economia teve, por meio de aplicativo onde o usuário cadastra uma senha de acesso, as informações são enviadas por *wifi* ao aplicativo através do inversor, com isso pode ser detectado eventuais problemas no sistema; um desses aplicativos é o Solar Web.

4.2 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA

Conforme o proprietário da empresa pesquisada o sistema fotovoltaico instalado não teve por objetivo suprir toda a demanda de energia da empresa, haja vista que a mesma possui duas unidades uma no município de Rolim de Moura e a outra em Cacoal onde foi instalado o sistema, e a demanda é superior a capacidade instalada.

Para dimensionamento e cálculo da quantidade de equipamentos como módulos e inversores que serão necessários, normalmente é utilizada a conta de energia do consumidor dos últimos 12 meses e calculado a média de consumo, no entanto para o sistema pesquisado foi levado em conta todo o telhado disponível do prédio uma área de 460 m² e estimado um consumo médio de 8.100 KWh/mês.

Para o cálculo também foi levado em conta o tipo de sistema do local, pois, conforme a resolução normativa 414/2010 da ANEEL é cobrado o custo de disponibilidade do serviço, para o sistema monofásico é cobrado um custo de 30 KWh/mês, no bifásico um custo de 50 KWh/mês e no trifásico de 100 KWh/mês independente se for consumido ou não essa quantidade, por isso dos 8.100 KWh/mês foi descontado o custo de disponibilidade cobrado pela distribuidora de energia 100 KWh/mês.

Para calcular a potência do sistema considerando as horas de sol pleno (HSP) da região foi utilizado as informações disponibilizadas pelo *site* Global Solar Atlas, no qual por meio das coordenadas geográficas do local calcula a irradiação média do local, no município de Cacoal foi verificada uma irradiação média de 5,18 KWh /m²/dia, para saber a potência em KWp foi feito o seguinte cálculo:

$$8.000 \text{ KWh/mês} \div 30 \text{ dias no mês} \div 5,18 \text{ KWh/m}^2/\text{dia} = 51,48 \text{ KWp}$$

Desse cálculo resultou uma potência de 51,48 KWp, porém foi considerado uma perda de eficiência de 20% principalmente devido ao calor, haja vista que as placas fotovoltaicas geram a energia através da luz solar e não por meio de calor, resultando em uma potência de 64,35 KWp conforme o cálculo abaixo.

$$51,48 \text{ KW} \div 0,80 = 64,35 \text{ KWp}$$

As placas utilizadas foram da marca Canadian-CS6U-325 com potência de 325W cada placa, para calcular a quantidade necessária dividiu-se a potência a ser instalada pela capacidade de cada placa fotovoltaica conforme cálculo abaixo.

$$64,35 \text{ KWp} \div 0,325 \text{ KW} = 198 \text{ placas que foi arredondado para 200 placas}$$

O modelo de inversor escolhido foi o da marca Fronius Eco com potência de 27 KW, no qual foram necessários dois inversores com um total de 54 KW de potência os dois, a potência das placas pode ser 20% maior que a dos inversores devida a perdas por temperaturas como já foi mencionado. Como o sistema de energia do prédio é ligado a alta tensão e como já havia um transformador para estabilizar a energia vinda da rede de distribuição, foi necessário também um autotransformador Trifásico 380V/220V para estabilizar a energia gerada pelo sistema fotovoltaico.

4.3 CUSTOS DE INSTALAÇÃO E MANUTENÇÃO DO SISTEMA

Os custos para a implantação de um sistema fotovoltaico vão desde a elaboração do projeto pelo engenheiro eletricista, a aquisição de materiais até a mão de obra usada para a instalação, de acordo com o engenheiro da empresa responsável pela instalação do sistema objeto desse estudo, eles trabalham com a compra dos kits completos, não sendo assim possível discriminar o valor de cada item, pois eles compram de uma empresa de São Paulo que vende o kit completo e já entrega diretamente no local onde vai ser instalado.

Com relação ao custo do kit fotovoltaico, o engenheiro eletricista da empresa que instalou o sistema afirma que em média os módulos fotovoltaicos representam 70% desse custo, os inversores 15%, a estrutura para fixação dos módulos 10% e acessórios elétricos como fios solares 5%.

Estão inclusos nesse kit os módulos fotovoltaicos, inversores, cabos 6 mm, conectores e a estrutura para fixação das placas, já os demais materiais como transformadores e materiais elétricos caso necessário é adquirido pelo proprietário do sistema não estando incluso no kit.

Conforme pesquisa feita no final de 2017 a janeiro de 2018 pela Grenner², o preço dos kits fotovoltaicos teve uma queda de 9,9% de janeiro de 2017 a 2018, os custos totais para instalação do sistema também caíram no último ano 24,04%.

O custo total para o kit com 200 módulos policristalinos Canadian-CS6U-325, 2 inversores Fronius Eco 27 KW, 400 metros cabo 6 mm PV vermelho, 400 metros cabo 6 mm PV preto, 20 pares de conectores e 50 peças de estrutura para fixação das placas ficou no valor total de R\$243.870,26, (duzentos e quarenta e três mil oitocentos e setenta reais e vinte e seis centavos) no entanto além desses custos ainda tem o frete para transportar no valor de R\$9.286,77 (nove mil duzentos e oitenta e seis reais e setenta e sete centavos), pois os materiais adquiridos vem de outro estado, acarretando em custo a mais para o cliente, resultando um valor total de R\$253.157,03.

Além do kit com os materiais necessários, ainda teve os custos com mão de obra total instalação no valor de R\$13.000,00, esses custos se deve em razão da empresa utilizar a mão de obra de 5 instaladores pagando uma diária média de R\$300,00 para cada, segundo o engenheiro para um sistema médio são necessário de 2 a 3 instaladores, já um sistema como o estudado de 4 a 6 instaladores, foram gastos 6 dias para a instalação perfazendo um valor total de R\$9.000,00 a mão de obra dos instaladores.

Os outros R\$4.000,00 foram em função da utilização da mão de obra de ajudantes utilizada para carregamento e limpeza das placas e outros serviços auxiliares.

Os custos da elaboração do projeto pelo engenheiro eletricista, assinatura da ART (Anotação de Responsabilidade Técnica) e dar entrada na solicitação de acesso a distribuidora foram no valor de R\$6.000,00, esses custos podem variar de acordo o tamanho e complexidade do projeto.

A empresa também cobrou R\$15.000,00 relacionados a Despesas de traslado, estadia, alimentação e materiais elétricos. A empresa que instalou o sistema cobra em média R\$1,20 por Watt pico para instalar, desses R\$1,20 ela também reserva em média R\$0,20/Wp para impostos um total de R\$13.000,00, e R\$0,52/WP para pagamento de mão de obra, projeto e demais despesas, restando R\$0,48/Wp como margem de lucro valor de R\$31.000,00, chegando a um valor total de R\$78.000,00 cobrado para instalação e um total de R\$331.157,03 do sistema completo instalado conforme detalhado na tabela 1.

² Empresa de consultoria especializada no setor fotovoltaico, provedora das principais informações estratégicas do mercado de Geração Distribuída e Geração Centralizada.

Tabela 1: Custo Total de Instalação do Sistema Fotovoltaico de 65 KWp

Informações	Valor /Wp	Valor total	Valor %
Custo do kit fotovoltaico	R\$3,75	R\$243.870,26	73,64%
Frete	R\$0,14	R\$9.286,77	2,80%
Custo Total do kit + frete	R\$3,89	R\$253.157,03	76,44%
Mão de obra	R\$0,20	R\$13.000,00	3,93%
Projeto	R\$0,09	R\$6.000,00	1,81%
Desp. de traslado, estadia, alimentação e materiais elétricos	R\$0,23	R\$15.000,00	4,53%
Margem de Lucro	R\$0,48	R\$31.000,00	9,36%
Impostos	R\$0,20	R\$13.000,00	3,93%
Custo total dos serviços para instalação	R\$1,20	R\$78.000,00	23,56%
Custo total do sistema fotovoltaico instalado	R\$5,09	R\$331.157,03	100%

Fonte: Pesquisa (2018)

O valor final do sistema com potência de 65 KWp ficou em torno de R\$5,09/Wp (tabela 1), de acordo a pesquisa da Grenner, no Brasil o preço médio para o cliente final em janeiro de 2018 custava em média de R\$4,39/Wp para potência de 50 KWp e R\$4,31/Wp para potência de 75 KWp.

Os custos com módulos fotovoltaicos, inversores são os itens que representaram mais de 76 % do custo do kit fotovoltaico.

Vale ressaltar que esses custos são apenas da aquisição e instalação do sistema fotovoltaico, pois, após ser instalado o proprietário terá que realizar manutenções periódicas, para que o mesmo não tenha uma perda maior da capacidade, pois com o tempo a poeira e outros tipos de sujeiras pode interferir na geração de energia do sistema, no Brasil já foi constatado módulos com perda de 10% da capacidade devido à falta de manutenções (PINHO e GALDINO, 2014).

De acordo com o engenheiro responsável pela instalação do sistema em estudo, o custo de manutenção do sistema sai em média de R\$10,00 por placa fotovoltaica instalada, esta manutenção deve ser feita a cada 6 meses, para ABINEE e Bertoi (2012) os custos com manutenção de um sistema fotovoltaico são em média o valor anual de 1% sobre o investimento total.

Para o sistema pesquisado inicialmente esse custo sairá em média de R\$3.311,57 por ano conforme a tabela 2.

Tabela 2: Custo Inicial de Manutenção do Sistema Fotovoltaico de 65 KWp

Investimento	Manutenção do sistema %	Custo inicial de manutenção anual
R\$331.157,03	1%	R\$3.311,57

Fonte: Pesquisa (2018)

Nessa manutenção é feita a limpeza das placas e dos módulos, bem como verificação das estruturas fixação e dos componentes elétricos de proteção, de acordo com o engenheiro responsável pela instalação do sistema em estudo, é essencial que essa manutenção ocorra no período de seis em seis meses.

Após o décimo quinto ano é necessário repor os inversores, pois, de acordo com o fabricante Fronius eles têm vida útil de apenas 15 anos, para estimar esse custo de reposição foi feita pesquisa na internet, em consulta ao site da Energy Shop o custo para reposição dos dois inversores sai um valor de R\$43.057,44 incluindo o frete.

4.4 VIABILIDADE ECONÔMICA DO PROJETO

Para a análise de viabilidade econômica do sistema fotovoltaico pesquisado foi utilizado os custos e despesas de aquisição e instalação do sistema bem como os custos de manutenção e reposição dos inversores. O ciclo do investimento teve como base o período de vida útil dos módulos fotovoltaicos que é em torno de 25 anos conforme a empresa fabricante Canadian Solar, foi considerado toda a energia gerada pelo sistema fotovoltaico nesse tempo como uma forma de receita obtida pelo não desembolso para pagar essa energia consumida a distribuidora.

Também foi levado em consideração a vida útil dos inversores, pois, de acordo com o fabricante os mesmos têm uma vida útil de aproximadamente 15 anos, logo para um período de 25 anos o proprietário do sistema fotovoltaico terá que repor esses inversores pelo menos uma vez, essa reposição é levada em consideração devido ser um custo para manter o sistema operando e que pode influenciar no tempo de retorno do investimento feito.

Na tabela 3 é demonstrado alguns dados utilizados para cálculo dos indicadores apresentados na metodologia.

Tabela 3: Dados utilizados para calcular os indicadores

Descrição	Dados
Produção inicial de energia pelo sistema fotovoltaico em KWh/ ano	96.000 KWh
Tarifa de energia em R\$/KWh	R\$ 0,69
Aumento anual da tarifa	2,20%
Custo anual de manutenção do sistema	1%
Decréscimo anual de eficiência do sistema	0,5%

Fonte: Pesquisa (2018)

Para a potência instalada foi calculado um valor inicial de 96.000 KWh/ano gerado pelo sistema fotovoltaico, pois, o sistema foi projetado para gerar 8.000 KWh/mês, foi

somado os doze meses, a partir do primeiro ano esse sistema começa a sofrer perdas na sua capacidade de geração, para o cálculo do decréscimo do sistema teve como base o valor de 0,5 % ao ano sobre a energia gerada.

A distribuidora responsável pela distribuição e cobrança da conta de energia na região onde o sistema foi instalado é a Eletrobrás Distribuição Rondônia - Centrais Elétricas de Rondônia S.A - CERON, a cobrança efetuada para o consumidor comercial optante pelo grupo (B3) com sistema trifásico é de R\$0,69 por KWh consumido. Com base em dados da ANEEL de resultados de processos tarifários pode ser observado que nos últimos 10 anos a tarifa cobrada pela Eletrobrás Distribuição Rondônia teve um reajuste acumulado de 24,30%, levando em consideração que em alguns anos houve redução e em outros aumentos, foi calculado os juros equivalentes desse período que resultou uma taxa de 2,20% de aumento na tarifa de energia ao ano.

Para verificar a viabilidade econômica do sistema foi usado alguns indicadores conforme citados na fundamentação teórica e na metodologia (tabela 4).

Tabela 4: Indicadores Econômicos do Investimento

INDICADORES	RESULTADO
Custo Total	R\$331.157,03
Payback	5,08 anos
Valor Presente Líquido	R\$ 551.224,69
Taxa Interna de Retorno	13%
Índice de Lucratividade	R\$2,66
Taxa de Rentabilidade	166%

Fonte: Pesquisa (2018)

Para calcular os indicadores da tabela 4 utilizou-se uma taxa de desconto de 6,5% ao ano, que teve como base a taxa Selic (Sistema de Liquidação e Custódia) em consulta ao site do Banco Central do Brasil no dia 12/04/2018, essa taxa de desconto trouxe os valores futuros de caixa como economia que será gerada nos 25 anos para o valor presente, haja vista que o dinheiro perde o valor com o tempo, por isso se faz necessário trazer todos esses valores futuros para o presente.

O *payback* do investimento é de 5 anos e 28 dias, ou seja, o tempo médio que irá levar para pagamento do sistema fotovoltaico, após esse período o proprietário ainda terá praticamente 20 anos de retorno.

Deduzidos todos os custos de investimento e manutenção do sistema sobra um valor presente líquido de R\$551.224,69, já a taxa interna de retorno desse investimento é de 13% dessa forma é possível ter o retorno do capital investido com taxas de desconto de até 13%, para cada R\$1,00 investido o proprietário terá um retorno de R\$2,66 e a taxa de rentabilidade

do investimento é de 166%, ou seja, dos R\$331.157,03 investido o proprietário terá um retorno de 166% líquido.

Analisando os indicadores é possível identificar que o projeto do sistema fotovoltaico é viável do ponto de vista econômico, pois, o valor investido pelo proprietário é menor que o valor economizado por ele caso fosse pagar consumindo energia da distribuidora nesse período.

Tendo em vista que ao longo dos 25 anos o sistema fotovoltaico irá gerar em torno de 2.261.371,34 KWh de energia e que seria pago para a distribuidora um valor total de R\$ 943.339,66 valor já descontado a taxa de desconto, a opção em investir em um sistema fotovoltaico para produção da própria energia se torna mais vantajosa em relação a energia consumida da distribuidora.

Apesar de ser viável economicamente para maior segurança quanto a esse tipo de investimento na presente pesquisa também se apresenta o custo de oportunidade. Para Camloffski (2014) esse custo seria o rendimento obtido com outras opções de investimento, pois nunca a uma única oportunidade de investimento, servindo como comparação entre eles para escolha do que possuir rentabilidade superior.

Diante disso, além da comparação com a energia que é paga a distribuidora, é necessário verificar também se o mesmo é viável quando comparado a outros investimentos, como a remuneração dos depósitos de poupança que tem uma remuneração de 0,3715% ao mês consultada no site do Banco Central do Brasil no dia 25 de abril de 2018, com a cafeicultura e a pecuária que são investimentos comuns no município de Cacoal.

Se caso optasse por deixar esse dinheiro na poupança ele renderia nesses 25 anos um total de R\$1.007,244,51, ou seja teria uma taxa de rentabilidade de 204% e um índice de lucratividade de R\$3,04, no entanto se for considerado o fluxo de caixa futuro obtido pelo sistema fotovoltaico sem utilizar a taxa de desconto, esse teria um retorno de R\$1.902.853,75, com um índice de rentabilidade de 475% e um índice de lucratividade de R\$5,75, sendo um investimento mais rentável e viável que a remuneração dos depósitos de poupança.

Com relação a cafeicultura em estudo feito por Araujo *et al* (2017) o cultivo do café na região de Cacoal apresentou um *payback* de 3 anos e um índice de lucratividade de R\$1,28, o que o torna mais vantajoso quanto ao tempo para pagar o investimento, no entanto apesar do sistema fotovoltaico ter um retorno a longo prazo quando analisado o índice de lucratividade desses investimentos o sistema fotovoltaico se torna um investimento com melhor retorno com um índice de R\$2,66 para cada R\$1,00 investido, essa diferença é devido ao sistema

fotovoltaico gerar receita em um período mais longo e ter todos os custos basicamente no primeiro ano da instalação do sistema.

Já a pecuária, estudo feito por Sato *et al* (2014) levando-se em consideração duas raças de novilhos, o *payback* do investimento foi de 17 meses e 19 meses para que o investidor tenha seu capital totalmente recuperado, com uma rentabilidade de 6% e 5,4% ao mês, demonstrando assim um retorno mais rápido e uma rentabilidade superior ao sistema fotovoltaico que apresentou uma rentabilidade média de 1,58% ao mês.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo da pesquisa foi analisar a viabilidade de implantação de um sistema fotovoltaico, demonstrando as etapas para instalação desse sistema, identificando os custos do investimento e o retorno obtido. A princípio descreveu-se as etapas para a implantação do sistema, foi realizado todo o levantamento dos custos de implantação e a provável receita obtida ao longo dos 25 anos, logo após foi verificado a viabilidade econômica.

Os custos para instalar um sistema fotovoltaico, apesar da ocorrência de redução nos últimos anos, ainda continua elevado, os itens que mais contribuem para isso são os módulos fotovoltaicos e os inversores, o frete para transporte dos materiais torna o investimento mais oneroso, haja vista que os materiais de instalação não são fabricados em Rondônia.

Com relação à viabilidade do sistema pode se constatar que o investimento se torna viável quando comparado ao que seria pago a distribuidora de energia elétrica, principalmente quando a forma de pagamento desse investimento é à vista como o que foi pesquisado, pois, além de pagar todo o investimento feito ainda obtém um retorno de 166% líquido.

O investimento pesquisado teve uma taxa de retorno de 13% e um *payback* de 5 anos, portanto, é um investimento de médio e longo prazo, o que talvez possa influenciar no interesse da sociedade em obter um sistema desse, como relatado em entrevista pelo proprietário do imóvel pesquisado, para cada R\$,1,00 investido é obtido um retorno de R\$2,66 demonstrando assim um investimento rentável do ponto de vista econômico.

Quando comparado com outros investimentos como a remuneração da caderneta de poupança, investir em um sistema fotovoltaico se torna mais vantajoso, pois, a rentabilidade obtida é quase o dobro, já quando comparado com a cafeicultura existe uma grande desvantagem com relação ao tempo para obter o retorno do capital investido, no entanto, apesar de o sistema fotovoltaico ser um investimento que tem um retorno mais longo, o índice de lucratividade do sistema fotovoltaico é superior ao do cultivo do café.

E quando comparado com a pecuária o tempo de retorno do capital investido no sistema fotovoltaico é superior à pecuária e a rentabilidade é inferior, demonstrando desvantagem em relação ao investimento na pecuária.

Em Rondônia apesar de pouco conhecimento dessa forma de produção de energia, é uma fonte promissora e com um grande potencial de expansão no estado, conforme os resultados obtidos foram demonstrados que além de gerar economia na conta de energia é também uma forma de investir que traz retornos significativos para o investidor e valorização do seu imóvel.

REFERÊNCIAS

ABINEE – Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica. **Propostas para inserção da energia solar fotovoltaica na matriz elétrica brasileira.** 2012. Disponível em: <<http://www.abinee.org.br/informac/arquivos/profotov.pdf>>. Acesso em Dezembro, 2017.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa 482/2012.** Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>> Acesso em Outubro 2017.

_____. **Banco de Informação de Geração. Brasília, 2017.** Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/informacoes-tecnicas/-/asset_publisher/.../big-banco...informacoes...>. Acesso em Setembro, 2017.

_____. **Bandeiras tarifárias – Tarifas consumidores.** Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/tarifas-consumidores/-/asset_publisher/e2INtBH4EC4e/content/bandeira-tarifaria/654800?inheritRedirect=false>. Acesso em Novembro, 2017.

_____. **Calendário e Resultado dos Processos Tarifários de Distribuição.** Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/resultado-dos-processos-tarifarios-de-distribuicao>>. Acesso em Abril de 2018.

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica (2017) ano base 2016.** Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anuario2017vf.pdf>>. Acesso em: Setembro, 2017.

ARAÚJO, Leonardo Ventura de *et al* (2017). **Viabilidade Financeira do Cultivo de Café Canephora na Microrregião de Cacoal em Rondônia.** Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1075083/viabilidade-financeira-do-cultivo-de-cafe-canephora-na-microrregiao-de-cacoal-em-rondonia>>. Acesso em Maio de 2018.

ASSAF NETO, Alexandre. **Matemática Financeira e Suas Aplicações.** 9 ed. Atlas, 2007.

BCB - Banco Central Do Brasil. **Taxa Selic Dados Diários**. Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br/htms/selic/selicdiarios.asp>>. Acesso em Abril de 2018.

_____. **Remuneração dos Depósitos de Poupança**. Disponível em: <<http://www4.bcb.gov.br/pec/poupanca/poupanca.asp>>. Acesso em: Abril, 2018.

BARRETO, Eduardo José Fagundes; PINHO, João Tavares. **Sistemas Híbridos: Soluções Energéticas para a Amazônia**. 1ª edição, Brasília, 2008. 392 p.

BERTOI, Elton Fagundes. **Análise dos incentivos à microgeração distribuída sob a perspectiva da viabilidade econômica dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede**. 2012. 68 fl. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Especialização em Gestão de Energia) – Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BRAGA, Eduardo, **Índices econômico-financeiro sob a ótica de Finanças**, rev. Março de 2015 V. 1.4. Disponível em: <<http://www.eduardobraga.pro.br/fsa/aulas/Indices2.pdf>>. Acesso Outubro, 2016.

CANADIAN SOLAR. Disponível em: <<https://www.canadiansolar.com/solar-panels.html>>. Acesso em Abril de 2018.

CAMLOFFSKI, Rodrigo. **Análise de investimento e viabilidade financeira das empresas**. 1ª ed. São Paulo: Atlas, 2014.

CRESEB - Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. **Energia Solar: Princípios e aplicações**. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/download/tutorial/tutorial_solar_2006.pdf>. Acesso em: Setembro, 2017.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional (2017) ano base 2016**. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/>> Acesso em: Setembro, 2017.

GRENNER. **Estudo Estratégico | Mercado Fotovoltaico de Geração Distribuída – 1º Semestre/2018**. Disponível em: <<https://www.greener.com.br/estudo-estrategico-mercado-fotovoltaico-de-geracao-distribuida-1o-semester2018/>>. Acesso em Abril de 2018.

HOPPE, Letícia. **Geração de energia limpa e diversificação da matriz energética: a viabilidade de gás natural a partir do armazenamento geológico CO2 na jazida de charqueadas**. 2009. 123 p. Dissertação de Mestrado. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE Cidades**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ro>>. Acesso em Setembro, 2017.

_____. **IBGE Cidades** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ro/cacoal/panorama>>. Acesso em março, 2018.

INVERSOR Solar. Disponível em: <<https://www.energyshop.com.br/inversor-solar>>. Acesso em Abril de 2018.

MANO, Eloisa Biassoto; PACHECO, Ellen B. A. V.; BONELLI, Cláudia M. C. **Meio ambiente poluição e reciclagem**. 2ª ed. São Paulo: Blucher, 2010. 182 p.

MARTINS, Eliseu. **Contabilidade de custos**. 10ª ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MIKI, André Jun. **Geração e o uso da energia fotovoltaica em comunidade isolada no estado do Amazonas, com a abordagem do ciclo de vida**. 2015. 192 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia Arquitetura e Urbanismo, Universidade Metodista de Piracicaba. Santa Bárbara D'Oeste, 2015.

MME - Ministério de Minas e Energia. **Energia Solar no Brasil e Mundo**. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/3580498/17+-+Energia+Solar+-+Brasil+e+Mundo+-+ano+ref.+2015+%28PDF%29/4b03ff2d-1452-4476-907d-d9301226d26c;jsessionid=41E8065CA95D1FABA7C8B26BB66878C9.srv154>>. Acesso em Outubro, 2017.

MORAIS, Luciano Cardoso de. **Estudo Sobre o Panorama da Energia Elétrica no Brasil e Tendências Futuras**. 2015. 127 p. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia, Bauru, 2015.

NASCIMENTO, Jonilton Mendes do. **Custos: planejamento, controle e gestão na economia globalizada**. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2001.

NASCIMENTO, Rodrigo Limp. **Energia Solar no Brasil: situação e perspectiva**. Brasília, 2017. 46 p.

ORTIZ, Lúcia Schild. **Energias Renováveis Sustentáveis: uso e gestão participativa no meio rural**. Porto Alegre. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2005. 383 p.

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antônio. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Edição revisada e atualizada. Rio de Janeiro, 2014. 530 p.

SATO, Suzenir Aguiar da Silva *et al* (2015). **Custos de produção e Análise da viabilidade econômica da terminação de novilhos da raça Aberdeen Angus em relação a Nelore, em pastagem Semi-Intensiva**. Disponível em: <<https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/view/3750>>. Acesso em: Junho, 2017.

SILVA, Rutelly Marques da. **Energia Solar no Brasil: dos incentivos aos desafios**. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado, Fevereiro/2015 (Texto para Discussão nº 166). Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de-estudos/textos-para-discussao/td166>. Acesso em Novembro de 2017.

TESKE, Sven. et al. **Revolução Energética: a caminho do desenvolvimento limpo**. 1ª ed. São Paulo: Greenpeace, 2010.

VARELLA, Fabiana Karla de O. M. **Estimativa do Índice de Nacionalização dos Sistemas Fotovoltaicos no Brasil**. 2009. 126 p. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas Faculdade de Engenharia Mecânica. Campinas, 2009.

APÊNDICES

APÊNDICE I –ROTEIRO DE ENTREVISTA

QUESTIONÁRIO DA ENTREVISTA A SER APLICADO JUNTO AO ENGENHEIRO ELETRICISTA DA EMPRESA RESPONSÁVEL PELA INSTALAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

Entrevistador: _____

Data: ____ / ____ / ____

Local: _____

Empresa: _____

Nome: _____

Função: _____

- (01) Classe de consumo de energia do imóvel (residencial, comercial ou industrial)?
- (02) Tipo de sistema fotovoltaico instalado?
- (03) Qual o tamanho da área ocupada pelas placas fotovoltaicas?
- (04) Capacidade instalada total (kW)?
- (05) Tipo de sistema (monofásico bifásico ou trifásico) utilizado?
- (06) Quantidade de equipamentos utilizados, modelo, fabricante e capacidade de cada um?
- (07) Custos dos equipamentos (placas fotovoltaicas, inversores, medidor, estrutura, cabos)?
- (08) A empresa importa os equipamentos utilizados por ela para instalação, ou adquiri por outras empresas nacionais?
- (09) Custo total da mão de obra usada para instalação?
- (10) Custos da elaboração do projeto?
- (11) Qual é o período médio para a manutenção e o custo dessa manutenção?
- (12) Vida útil dos equipamentos utilizados?
- (13) Quanto tempo desde o pedido de acesso junto à distribuidora até a instalação? E quais foram as etapas de todo o projeto?
- (14) Como é feito o dimensionamento do sistema para a verificação da quantidade de placas, inversores que serão utilizados?

APÊNDICE II – ROTEIRO DE ENTREVISTA

QUESTIONÁRIO DA ENTREVISTA A SER APLICADO JUNTO AO PROPRIETÁRIO DO IMÓVEL ONDE FOI INSTALADO O SISTEMA FOTOVOLTAICO

Entrevistador: _____

Data: ____ / ____ / ____

Local: _____

Entrevistado: _____

Profissão _____

- (01) Qual principal atividade econômica?
- (02) A quanto tempo a empresa atua no mercado nesse segmento?
- (03) Qual foi o principal motivo por optar em instalar o sistema de geração de energia fotovoltaica?
- (04) A instalação foi feita com intuito de suprir o consumo total ou parcial da unidade?
- (05) Em média qual é o consumo mensal de energia elétrica do imóvel?
- (06) Após a instalação o consumo de energia aumentou, diminui ou não teve grande variação?
- (07) Quanto em média pagava pelo consumo de energia elétrica mensal para a distribuidora antes da instalação do sistema e quanto está pagando após a instalação?
- (08) Qual foi o custo total de implantação do sistema fotovoltaico?
- (09) Quais as fontes de recursos utilizados para financiar a implantação do sistema fotovoltaico no imóvel?
- (10) Quais os principais impactos causados na empresa após a instalação do sistema?
- (11) Na sua opinião quais as principais dificuldades enfrentadas para a expansão da energia fotovoltaica aqui no estado de Rondônia?